

スーパーコネクトレベルの微細配線パターンに対する 電気的信頼性の EIS による評価

佐藤 誠[†] 吉原佐知雄^{††} 白樫高史^{††}

[†]宇都宮大学工学部応用化学科

^{††}宇都宮大学大学院工学研究科エネルギー環境科学専攻

1. 緒言

近年、電子機器の小型化、高密度実装などによる導体間の微細化に伴い、プリント配線板の絶縁信頼性、特にイオンマイグレーション（以下、マイグレーションと略す）による絶縁劣化故障が重要な問題となっている。また、電子機器の用途拡大によるプリント配線板の実使用環境を考慮すると、温度や湿度は重要な因子である。このような背景からプリント配線板の耐マイグレーション性を確保することが厳しくなっている。

本研究では、従来の L/S よりもさらに狭小化した櫛型銅パターンをポリイミド樹脂上に作製した。作製には、その高周波特性を考慮し、銅パターンと下地層とのフラット接続を可能にするセミアディティブ法を用いた。このような基板に対して、高温高湿下（85℃、85%RH）における、耐マイグレーション性を評価した。マイグレーションの発生過程の解析には、電気化学インピーダンススペクトロスコピー（EIS）を主に用い、析出物の解析には、SEM、EDX 等を用いた。EIS は、従来のマイグレーションの評価方法のような事後解析ではなく、電極界面における反応機構を解析でき、マイグレーションの発生予測にも利用できる優れた手法である¹⁾。

2. 実験方法

イオン交換水およびエタノールで洗浄した基板を小型環境試験器（エスペック社製）内に置き、試験器内の温度および湿度を 85℃、85%RH まで上昇させた。なお、結露が起きないように、温度および湿度の上昇はプログラムによって制御し、温度上昇を先行させ、その後湿度の上昇を行った（温度および湿度の変化過程を図 1 に示す）。試験器内の温度および湿度が設定値に達した後、ポテンシostatにより試料に直流電圧 5.0V を印加し、さらに、振幅 0.35V、周波数領域 10kHz ~ 1Hz の交流電圧を重畳し、その時の電流値およびインピーダンスの経時変化を測定した（実験装置図を図 2 に示す）。測定時間は 25 時間、インピーダンスの測定間隔は 30 分とした。インピーダンスは FRA (Frequency Response Analyzer: EcoChemi BV 社製) を用いて測定し、Cole-Cole プロットを作成し処理した。また、測定前後の基板表面の様子を電解放射型走査電子顕微鏡（FE-SEM: 日立社製）により観察した。

以上の実験をパラメータ (L/S (=4/6, 8/12, 12/16 μm)、櫛部の長さ (1, 2, 3mm)、基板が図 1 の変化過程に暴露される回数 (1, 2, 3 回)) を変化させて、比較検討を行った。

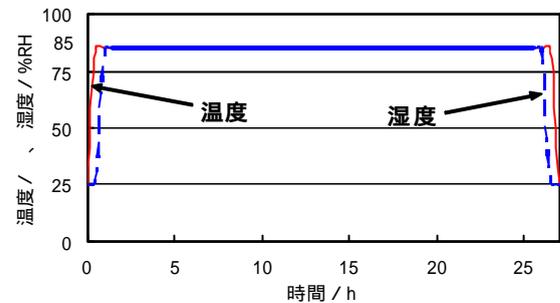


図 1 小型環境試験器内の温度および湿度の変化過程

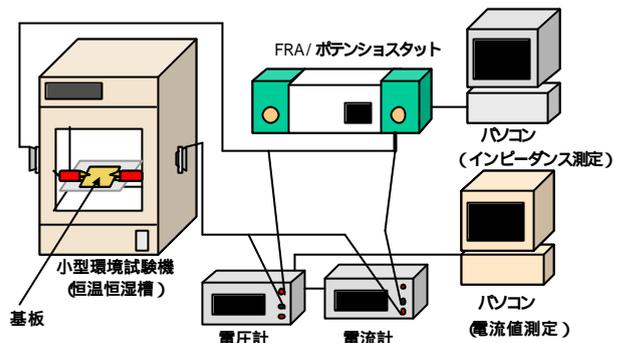


図 2 実験装置図

3. 実験

3.1 櫛部の長さ 1mm に対する評価

櫛部の長さ 1mm に対して、各パラメータを変化させて実験を行ったところ、電流値の変化からマイグレーションの発生が確認されたのは、L/S=4/6 の場合で、基板が図 1 に示した恒温恒湿条件に 2 回暴露される時のみだった。電流値の経時変化を図 3 に示す。図示する電流値の変化を見ると、その変化は瞬間的であり、析出物が細く、高電圧印加のため焼ききれてしまうためと考えられる。Cole-Cole プロットからはそれぞれの条件において電荷移動過程に伴う半円が第 4 象限に確認された。得られた Cole-Cole プロットから図 4 のような等価回路を推定し、半円の直径より電荷移動抵抗 R_{ct} (Charge Transfer Resistance)、半円の頂点の角周波数 (ω_{max}) と R_{ct} より界面容量 $C (=1/[\omega_{max} \cdot R_{ct}])$ を求めた²⁾³⁾。 R_{ct} の経時変化の例として、特徴的であった L/S=4/6 の場合を図 5 に示す。

マイグレーションが発生しなかった場合は、終始ほぼ一定の R_{ct} 値を示したので、電極界面に大きな変化がなかったと考えられる。一方、マイグレーションが発生した場合においては、マイグレーションが発生した時間（約 60000 秒）に至る

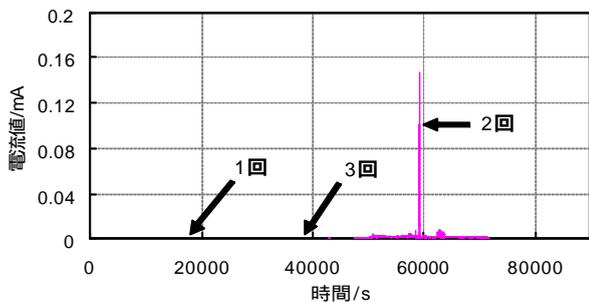


図3 電流値の経時変化(櫛部の長さ 1mm:L/S=4/6)

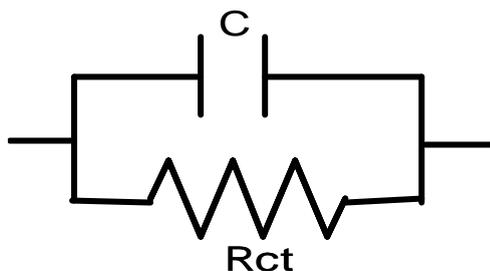


図4 等価回路

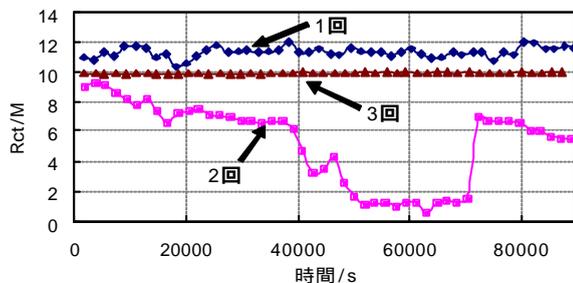


図5 R_{ct} の経時変化の例(櫛部の長さ 1mm : L/S=4/6)

までに、徐々に R_{ct} 値が減少し、その後、電流値が再び約 0mA になった時点で R_{ct} 値が上昇した。

L/S=8/12, 12/16 に関しては、図 5 中の 1 回、3 回と同様、ほぼ一定であった。

3.2 櫛部の長さ 2mm に対する評価

図 6 の電流値の変化からマイグレーションの発生が確認されたのは、L/S=4/6 の箇所です。基板が図 1 の恒温恒湿条件に 1 回暴露される時のみであり、測定初期に発生した。Cole-Cole プロットはやはり電荷移動過程に伴う半円が第 4 象限に確認された。3.1 同様にして R_{ct} および C を求めた。 R_{ct} の経時変化の例を図 7 に示す。

図 7 を見ると、マイグレーションが発生した条件(図 7 中の 1 回)において R_{ct} の大きな変化が確認できなかった。理由としては、電流値の変化が瞬間的であり、インピーダンスの測定間隔が長いために検出されなかったと考えられる。一方、マイグレーションが発生しなかった条件(図 7 中の 3 回)においては、 R_{ct} が変化していることが確認できる。電極間の短絡には至らなかったが、電極表面に析出物が発生したことによるものと考えられる。L/S=4/6 以外は、変化は見られずほぼ一定の値を示した。

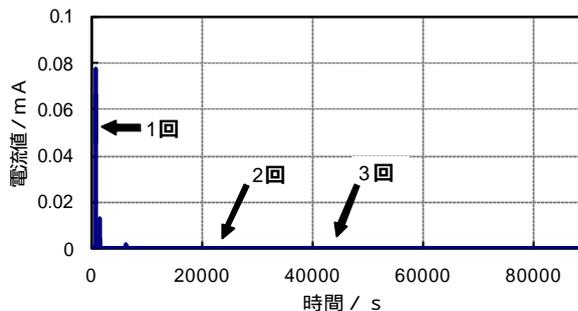


図6 電流値の経時変化(櫛部の長さ 2mm:L/S=4/6)

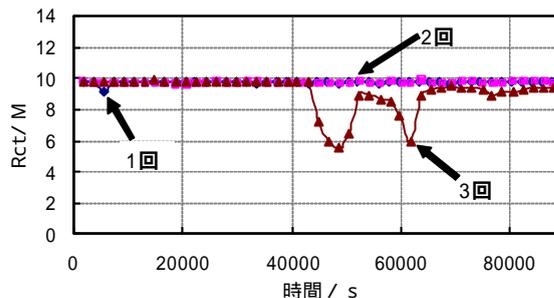


図7 R_{ct} の経時変化の例(櫛部の長さ 3mm:L/S=4/6)

4. 結言

EIS を用い電荷移動特性値をモニターすることによりマイグレーションの発生を予測できるという報告はされていたが⁴⁾、本研究でも同様にいえることが確認できた。また、マイグレーションは、L/S が狭く、櫛部の長さが大きくなるほど起きやすくなる傾向の確認ができた。特に L/S=4/6 は、マイグレーションの発生を防止する工夫が必要であると考えられる。

5. 謝辞

本研究は平成 14 年度新エネルギー・産業技術総合開発機構基盤技術研究促進事業(民間基板技術研究支援制度)によって実施されたものである。

参考文献

- 1) 田中浩和：マイグレーション過程の解析とその評価技術に関する研究, 宇都宮大学博士学位論文(2002)
- 2) 藤嶋 昭, 相澤益男, 井上 徹：電気化学測定法, 技報堂出版(1984)
- 3) 逢坂哲彌, 小山 昇：電気化学法応用測定マニュアル, 講談社(1990)
- 4) 平松洋昭, 田中浩和, 植田文崇, 糸川和博, 吉原佐知雄, 白樫高史：エレクトロニクス実装学会誌, 5(2)121(2002)

佐藤誠 所属：宇都宮大学工学部応用化学科

住所：栃木県宇都宮市陽東 7-1-2

TEL: 028-689-7046 FAX: 028-689-7046

E-mail: t992549@cc.utsunomiya-u.ac.jp

: sachiyo@ees.utsunomiya-u.ac.jp